

Hivatalos bírálói vélemény

Dr. Kővári Zsolt Géza

„A dinamómechanizmus megfigyelhető jegyei késői típusú aktív csillagokon” c. MTA doktori értekezéséről

Az értekezés témája rendkívül időszerű, amit az is mutat, hogy az Amerikai Egyesült Államok 2016 végén leköszönő elnökének egyik legutolsó rendelete „A nemzet felkészülésének koordinálása az úridőjárási eseményekre való felkészülésre” címet viseli. A napaktivitás lehetséges következményeire való felkészülés iránti aggodalomban komoly szerepet játszottak az aktív csillagok megfigyelt kitörései, amelyek energiája jóval meghaladja az eddig valaha is megfigyelt napkitöréseket. Fontos tehát a Naphoz hasonló aktivitást mutató csillagok minél jobb tanulmányozása annak céljából, hogy megállapíthassuk, mire kell felkészülnünk a jövőben, a Nap hol helyezkedik el az aktivitást mutató csillagok széles skáláján. Ebbe a témakörbe illeszkedik a jelen értekezés is, szerzője tagja annak a nemzetközi hírnevet szerzett kutatócsoportnak, amely már több évtizede foglalkozik az MTA CsFKI CsKI-ban a foltos változócsillagok kutatásával. A NASA ADS-ben végzett keresés a jelölt nevére 84 közleményt és 744 független hivatkozást ad, ami valódi elismertséget jelez.

Maga a 146 oldalas értekezés 3 fejezetre tagolódik, amelyből az első (29 oldal) bemutatja a hozzánk legközelebb lévő aktív csillag, a Nap aktív jelenségeit, az aktivitás fizikai magyarázatára kidolgozott dinamóelméleteket, majd a Naphoz hasonló változócsillagokat és a pontszerű csillagok felszíni mintázatainak kimutatására szolgáló módszereket. Ezek a fénygörbe változásaiból, vagy a gyors forgás miatt kiszélesedő színképvonalak profiljában végigvonuló struktúrákból határozzák meg a sötétebb foltok elhelyezkedését a csillag felszínén. Nyilvánvaló, hogy sikeres munkához nagy teljesítményű távcsövekre és nagy pontosságú mérésekre van szükség, valamint hosszabb időn át végzett megfigyelésekre (legalább a csillag egy fordulata alatt).

A második fejezet (80 oldal) tartalmazza 4 kiválasztott foltos csillag (LQ Hya, V889 Her, σ Gem és ζ And) megfigyeléseinek részletes feldolgozását, a megfigyelésekből kizorítható összes információval. Láthatjuk a csillagok felszíni foltjait, és egyes statisztikai módszerekkel sikerül meghatározni a dinamó működéséhez szükséges differenciális rotációt, valamint egyes esetekben a meridionális cirkulációt vagy annak hiányát is. A jelölt részben a szakirodalomból vett módszerekkel, részben ezek általa módosított változataival dolgozott, továbbá a különböző színképvonalakban végzett mérések átlagolásával kapott immár jól értelmezhető eredményt. Az LQ Hya esetében a 21 évre terjedő adatsor lehetővé tette a csillagfoltok változásainak kimutatását is. A jelölt nem csak az eredményeket ismerteti, hanem foglalkozik az alkalmazott módszerek megbízhatóságával, esetleges gyenge pontjaik felderítésével. A vizsgált csillagok differenciális rotációja rendszerint a Naphoz hasonló, azaz az egyenlítőjük mentén gyorsabb a forgás, egyedül a σ Gem esetében adódik ellenkező eredmény, a sarkok felé növekvő forgási sebességgel.

Nem túl hosszú (11 oldal), de annál érdekesebb és fontosabb a harmadik fejezet, amely végső soron az eddig alkalmazott közvetett módszerek közvetlen ellenőrzését tartalmazza. Különleges csillag-interferométerek segítségével ugyanis lehetséges a ζ And két ezred ívmásodperc átmérőjű korongját leképezni, és rajta a foltokat közvetlenül leképezni. Ilyen módon a Doppler-rekonstrukció által kiszámolt felületi fényességeloszlás összehasonlítható az interferometria által kapott direkt képpel. Az interferometria azokon a helyeken is megmutatja a csillagfoltokat, amelyeket a Doppler módszer geometriai okokból nem tud felderíteni. Megmutatta viszont a csillag forgástengelye körül, a sarki régióban található foltot, amelynek létezését a Doppler-rekonstrukció alapján többen vitatták. Végül a jelölt bemutatja a kísérleti módszerek tökéletesedésével a lehetséges további kutatások irányát, az interferometriai technika alkalmazását más foltos csillagokra, vagy a Doppler-rekonstrukció

kiterjesztését a Zeeman-effektusra, a csillag színeképvonalának teljes Stokes-vektorára, amelyből közvetlenül meghatározható a felszíni mágneses tér vektorának eloszlása. Az értekezést egy tiszteletreméltó 24 oldalas irodalomjegyzék zárja, amely alapvető jelentőségű lehet bárkinek, aki e témában akarna tájékozódni.

Az értekezés technikai kivitelezése nagyon szép, nyelvileg hibátlan, jól fogalmazott, érthető. Eddigi pályafutásom alatt a legkevesebb melléütést (egy darabot) tartalmazta. Egyetlen megjegyzésem lenne csak, de ez nem a jelölt hibája, mert a foltos-csillagászati szakirodalom amerikai pongyolasággal rendszeresen így használja. A foltos csillagok fény- vagy hőmérsékleteloszlását mutató térképek nem Mercator-vetületben vannak ábrázolva, annak a hengervetületnek a szélességi koordinátája ugyanis a szélesség tangensével arányos, így a pólusok a végtelenben vannak. A felhasznált vetület neve az ekvirektanguláris vetület, vagy „Plate Carrée”, amelyben a szélesség egyszerűen a hosszúságra merőlegesen lineárisan változik.

Az értekezés téziszfüzete megfelel a követelményeknek, bemutatja az elvégzett munka jelentőségét a változócsillagászat területén, és tartalmazza az eredmények 8 pontban való tézisszerű összefoglalását:

- 1.) Az átlagolt keresztkorrelációk módszere kiszűri a foltok változásából adódó véletlenszerű eltéréseket, a differenciális rotáció pontosabb kimutatását eredményezi.
- 2.) Az LQ Hya változócsillag 28 megfigyeléséből a csillag 35 körülfordulásának megfelelő idő alatt lehetett tanulmányozni a felszíni foltok változását.
- 3.) A V889 Her csillag esetében a Doppler-rekonstrukció egy nagyterjedésű poláris foltot mutat. Ez – szimmetrikus folt esetén – hamis eredményeket hozhat a differenciális rotáció meghatározásában a nyírt kép módszerrel, mint az egy tesztmodellel végzett számítások bemutatják.
- 4.) A V889 Her csillagon ez a folt aszimmetrikus, zavaró hatása a differenciális rotáció mérésére kicsi, ezért az meghatározható. A 3 fordulatra terjedő 10 színekép alapján meghatározott szoláris jellegű differenciális rotáció nagysága megfelel az elméletileg vártnak.
- 5.) A σ Gem óriáscsillagról készült 51 színeképből készült Doppler-rekonstrukciókból az átlagolt keresztkorrelációk módszerével határozott antiszoláris differenciális rotációt sikerült kimutatni.
- 6.) Az előző pontban szereplő színeképekből több módszer alkalmazásával kimutatható volt egy pólusirányú meridionális áramlás.
- 7.) A ζ And óriáscsillagon több távcsővel végzett különböző megfigyelések feldolgozásával egy állandó poláris folt jelenlétét sikerült kimutatni, ami mind fotometriailag, mind spektroszkópiai módszerrel nehéz feladat. A folt jelenlétét a csillag interferometriás nagyfelbontású leképezése közvetlenül is igazolta.
- 8.) A ζ And szoros kettőscsillagrendszer tagja lévén eltorzult, ellipszoid alakú, ami a Doppler-rekonstrukciót megzavarja. A módszert ezért át kellett alakítani, hogy torzult csillagokra is alkalmazható legyen. Az új módszer visszaadta az ellipszoid ismert alakját. Különböző műszerekkel készült megfigyelések kombinálásával sikerült meghatározni a csillag szoláris típusú differenciális rotációjának nagyságát.

E pontokat, mint a jelölt új tudományos eredményeit elfogadom.

Végezetül kérem a jelöltet, hogy adjon választ a következő két kérdésre:

- 1.) Mi határozhatja meg egy adott csillagon, hogy a differenciális rotáció szoláris vagy antiszoláris? Van-e valami lényegi különbség a dinamó működésében a kétféle esetben?
- 2.) A Zeeman-Doppler rekonstrukciókon (1.18, 3.7 ábra) nem látszik jó összefüggés a mágneses tér és a foltok jelenléte közt. Mi lehet ennek a magyarázata?

Összefoglalva: Kővári Zsolt Géza értekezése hatalmas munkát takar, sok éjszaka megfigyeléseit a világ legkorszerűbb távcsövein és kiegészítő műszerein. Ez már maga is jelzi a kutató és csapata nemzetközi elfogadottságát, a megfigyelések tervezése és kivitelezése maga nagy szervező munkát igényel. A foltos csillagok aktivitásának megfigyelése hosszadalmas és sok munkát igényel, ehhez jelentős hozzájárulás az értekezésben leírt munka. Az értekezés eredményeit elegendőnek tartom az MTA Doktora cím megszerzéséhez, a nyilvános vitára bocsátását javaslom.

Budapest, 2017. április 3.

Kálmán Béla
az MTA doktora